

VŠB-Technická univerzita Ostrava
Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství
Katedra slévarenství

Ověření expertního systému vad odlitků

Verification of expert system of casting defects

Student:

Bc. Jan Smékal

Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Tomáš Elbel, CSc.

Ostrava 2010

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství
Katedra slévarensství

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jan Smékal**
Studijní program: N2109 Metalurgické inženýrství
Studijní obor: 2109T033 Slévárenské technologie
Téma: **Ověření expertního systému vad odlitků**
Verification of expert system of casting defects

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl práce
2. Řešení vad odlitků
3. Využití expertních systémů pro identifikaci vad
4. Ověření ES - VŠB-TU Ostrava ve slévárně
5. Vyhodnocení výsledků a závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] ELBEL, T. : Vady odlitků – identifikace vad odlitků a příčin jejich vzniku / Slévarensství č. 9, 2001, str. 499-503.
- [2] KRÁLOVÁ, Y. : Expertní systém pro identifikaci vad odlitků. Teze disertační práce. VŠB – TU Ostrava, září 2008.
- [3] KRÁLOVÁ, Y.; ELBEL, T. : Zjišťování vad odlitků pomocí expertního systému. In Sborník z konference Ocelové odlitky na počátku 21. století“, Vítkovice Heavy Machinery, září 2009.

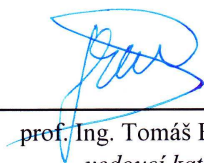
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Tomáš Elbel, CSc.**

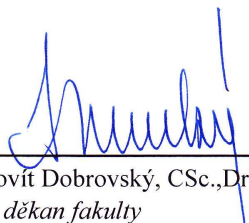
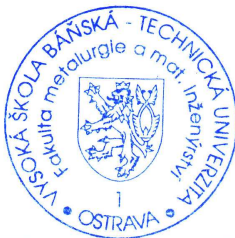
Konzultant diplomové práce: Ing. František Mikšovský, CSc.

Datum zadání: 30.11.2009

Datum odevzdání: 30.04.2010



prof. Ing. Tomáš Elbel, CSc.
vedoucí katedry



prof. Ing. Ludovít Dobrovský, CSc., Dr.h.c.
děkan fakulty

Zásady pro vypracování diplomové práce

I.

Diplomovou prací (dále jen DP) se ověřují vědomosti a dovednosti, které student získal během studia, a jeho schopnosti využívat je při řešení teoretických i praktických problémů.

II.

Uspořádání diplomové práce:

- | | |
|--|------------------------------|
| 1. Titulní list + zásady pro vypracování DP | 5. Textová část DP |
| 2. Prohlášení + místopřísežné prohlášení | 6. Seznam použité literatury |
| 3. Abstrakt + klíčová slova česky a anglicky | 7. Přílohy |
| 4. Obsah DP | |

ad 1) Titulním listem je originál zadání DP, který student obdrží na své oborové katedře. Za titulním listem následují tyto „Zásady pro vypracování diplomové práce“.

ad 2) Prohlášení + místopřísežné prohlášení napsané na zvláštním listě (student jej obdrží na své oborové katedře) a vlastnoručně podepsané studentem s uvedením data odevzdání DP. *V případě, že DP vychází ze spolupráce s jinými právníckými a fyzickými osobami a obsahuje citlivé údaje, je na zvláštním listě vloženo prohlášení spolupracující právnícké nebo fyzické osoby o souhlasu se zveřejněním DP.*

ad 3) Abstrakt a klíčová slova jsou uvedena na zvláštním listě česky a anglicky v rozsahu max. 1 strany pro obě jazykové verze.

ad 4) Obsah DP se uvádí na zvláštním listě. Zahrnuje názvy všech očíslovaných kapitol, podkapitol a statí textové části DP, odkaz na seznam příloh a seznam použité literatury, s uvedením příslušné stránky. Předpokládá se desetinné číslování.

ad 5)

Textová část DP obvykle zahrnuje:

- Úvod, obsahující charakteristiku řešeného problému a cíle jeho řešení v souladu se zadáním DP;
- Vlastní rozpracování DP (včetně obrázků, tabulek, výpočtů) s dílčími závěry, vhodně členěné do kapitol a podkapitol podle povahy problému;
- Závěr, obsahující celkové hodnocení výsledků DP z hlediska stanoveného zadání.

DP bude zpracována v rozsahu min. 45 stran (včetně obsahu a seznamu použité literatury). Text musí být napsán vhodným textovým editorem počítače po jedné straně bílého nelesklého papíru formátu A4 při respektování následující **doporučené** úpravy - písmo Times New Roman (nebo podobné) 12b; řádkování 1,5; okraje – horní, dolní – 2,5 cm, levý – 3 cm, pravý 2 cm. Fotografie, schémata, obrázky, tabulky musí být očíslovány a musí na ně být v textu poukázáno. Budou zařazeny průběžně v textu, pouze je-li to nezbytně nutné, jako přílohy (viz ad 7).

Odborná terminologie práce musí odpovídat platným normám. Všechny výpočty musí být přehledně uspořádány tak, aby každý odborník byl schopen přezkoušet jejich správnost. U

vzorců, údajů a hodnot převzatých z odborné literatury nebo z praxe musí být uveden jejich pramen - u literatury citován číselným odkazem (v hranatých závorkách) na seznam použité literatury.

Nedostatky ve způsobu vyjadřování, nedostatky gramatické, neopravené chyby v textu mohou snížit klasifikaci práce.

- ad 6) DP bude obsahovat alespoň 15 literárních odkazů, z toho nejméně 5 v některém ze světových jazyků.

Seznam použité literatury se píše na zvláštním listě. **Citaci literatury je nutno uvádět důsledně v souladu s ČSN ISO 690.** Na práce uvedené v seznamu použité literatury musí být uveden odkaz v textu DP.

- ad 7) Přílohy budou obsahovat jen ty části (speciální výpočty, zdrojové texty programů aj.), které nelze vhodně včlenit do vlastní textové části např. z důvodu ztráty srozumitelnosti.

III.

Diplomovou práci student odevzdá ve dvou knihařsky svázaných vyhotoveních, pokud katedra garantující studijní obor neurčí jiný počet. Vnější desky budou označeny takto:

nahoře: *Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava*
Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství
Katedra . . . slévarensství

uprostřed: *DIPLOMOVÁ PRÁCE*

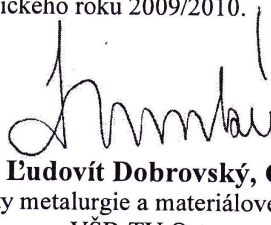
dole: *Rok* *Jméno a příjmení*

Kromě těchto dvou knihařsky svázaných výtisků odevzdá student kompletní práci také v elektronické formě do IS EDISON včetně abstraktu a klíčových slov v češtině a angličtině.

IV.

Diplomová práce, která neodpovídá těmto zásadám, nemůže být přijata k obhajobě. Tyto zásady jsou závazné pro studenty všech studijních programů a forem magisterského, resp. navazujícího magisterského studia fakulty metalurgie a materiálového inženýrství Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava od akademického roku 2009/2010.

Ostrava 30. 11. 2009


Prof. Ing. Ludovít Dobrovský, CSc., Dr.h.c.
děkan fakulty metalurgie a materiálového inženýrství
VŠB-TU Ostrava

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB - TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (Zákon o vysokých školách) bez ohledu na výsledek její obhajoby.
- Містопрісе́знэ́ про́глашу́ю, že jsem celou diplomovou práci vypracoval samostatně.

V Ostravě 29.4.2010


Jan Grmela
jméno a příjmení studenta

Zahradní 301, Ostrava
adresa trvalého pobytu studenta

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce.

V Ostravě 29. 4. 2010


.....
podpis studenta

Abstrakt

Diplomová práce s názvem „Ověření expertního systému vad odlitků“ se zabývá testováním systému za účelem správného fungování při pozdějších identifikacích vad odlitků ve slévárnách. Úvodní kapitola pojednává o problematice řešení vad odlitků a prevencí jejich výskytu.

K ověření funkčnosti expertního systému byly použity odlitky z firmy Unex slévárna, s.r.o. v Uničově. Druh těchto vad umožnil ověřit expertní systém v běžném provozu slévárny. Stručný popis programu, který pracuje s příznaky vad odlitků, respektive se vzhledem povrchu odlitku a tvarem vady je popsán podrobněji v kapitole 4.

Praktická část ověření expertního systému má tři varianty:

I. První identifikaci vad stanoví technolog slévárny, poté je porovnána s expertním systémem.

II. Nejdříve je identifikace vad provedena programem a poté je ověřena technologem slévárny.

III. Poslední varianta ověření expertního systému je provedena identifikací na stejných odlitcích, u kterých se objevilo vícero vad různého druhu a v jiných místech.

Cílem práce je vyhodnotit funkčnost expertního systému, která je ověřena na shodách a neshodách expertního systému a technologa slévárny.

Abstract

The diploma thesis named „Verification of expert system of casting defects“ with deals testing given system for object precise of function by later diagnosis casting defects in foundries. The leading chapter deals about problems solving of castings defect and prevention theirs occurrence.

For the verification of functionality of expert system were used castings from Unex foundry, l.t.d. Uničov. Kind of these defects allowed verifying expert system in ordinary foundry practice. Brief description of program which works with symptoms of casting defects, let us say with appearance of surface and shape of defect is written in more detail in chapter 4.

Practising part of verification of expert system has got three variations:

I. The first diagnoses of defects is determined by foundry technologist, after is compared with expert system.

II. The diagnoses of defects are accomplished by program firstly and after are verify by foundry technologist.

III. The last variation of verification expert system is accomplished diagnoses on similar castings by which were detected several defects in different of kind and different places. End of thesis is analysing functionality of expert system which is verified on agreements and disagreements by expert system and by foundry technologist.

Klíčová slova: expertní systém, vady odlitků, identifikace, ověření

Key words: expert system, casting defects, diagnoses, verification

Poděkování

Děkuji panu prof. Ing. Tomášovi Elbelovi, CSc. za vedení a neocenitelné rady při zpracování této diplomové práce. Dále děkuji panu RNDr. Milanovi Götzovi z firmy Unex a.s. Uničov za poskytnutí prostorů a informací o slévárně; dále panu Michalovi Poštulkovi taktéž z firmy Unex a.s. Uničov za odborný dohled k praktické části.

Obsah

1. Úvod a cíl práce	1
2. Řešení vad odlitků	2
2.1 Seznam vad odlitků.....	4
3. Společnost a slévárna Unex a.s. Uničov	6
3.1 Profil společnosti	6
3.2 Historie společnosti.....	6
3.3 Unex slévárna, s.r.o. Uničov	8
4. Využití expertních systémů pro identifikaci vad	9
4.1 Popis expertních systémů.....	9
4.2 Využití umělé inteligence	14
4.3 Rozdíl mezi expertním systémem a jiným počítačovým programem.....	15
4.4 Ověřovaný expertní systém	16
5. Ověření ES-VŠB-TU Ostrava ve slévárně Unex a.s. Uničov	18
5.1 Ověřování systému varianta I.	18
5.2 Vyhodnocení I.....	33
5.3 Ověřování systému varianta II.	35
5.4 Vyhodnocení II.	50
5.5 Ověřování systému varianta III.....	52
5.6 Vyhodnocení III.	67
6. Celkové vyhodnocení ověřovacích variant na expertním systému	70
7. Závěr	71
8. Literatura	72
9. Internetové odkazy	73

1. Úvod a cíl práce

Schopnost odlévat odlitky bez vad je nejdůležitějším aspektem každé slévárny. Kontrola a zásady dodržování předepsaného technologického postupu jsou proto nutnou součástí celého výrobního procesu umožňující zvýšenou produkci „zdravých“ odlitků. Slévárenství je, ale jedno z mála výrobních odvětví, kde se příčina vad stává v některých případech složitě identifikovatelnou záležitostí. Nevýhodou je nespočet faktorů omezující správné fungování výroby. Složitý proces navržení tvarů modelu, vytvoření dutin forem a samotné odlití přináší celou řadu možných příčin vzniku vad. Existují však technologie, které mohou tento nepříznivý jev výrazně snížit. Tyto postupy, ale bývají z pravidla velmi nákladné. Levnější a dostupnější alternativou mohou být v dnešní době výpočetní a simulační programy zabývající se přímo problematikou výroby odlitků. Například programová simulace proudícího a tuhnoucího kovu ve formě, která je dnes využívána v každé modernější slévárně. Tento impuls funkčních programových simulací vede k dalším možnostem využití a rozvoji výpočetní techniky ve slévárenství. Hlavním důvodem vývoje počítačových systémů jsou rychlá a správná řešení daného problému. Příkladem může být obyčejná kalkulačka. Vznik nových spolehlivých systémů není rychlý a neobejde se bez patřičných zkoušek, kontrol a testování.

Hlavním cílem diplomové práce je ověřit expertní systém pro identifikaci vad odlitků a jeho využití při identifikacích vad v běžném provozu slévárny. Běžné použití expertního systému v praxi předpokládá primárně jeho správnou funkčnost.

Testování systému probíhalo ve třech fázích:

I. První identifikaci vad stanoví technolog slévárny, poté je porovnána s expertním systémem.

II. Nejdříve je identifikace vad provedena programem a poté je ověřena technologem slévárny.

III. Poslední variantou ověření expertního systému identifikace vad je provedeno na stejných odlitcích, u kterých se objevilo vícero vad různého druhu a v jiných místech.

Cílem práce je vyhodnotit funkčnost expertního systému, která je ověřena na shodách a neshodách expertního systému a technologa slévárny. Všechny zkoumané odlitky byly vybrány z firmy Unex slévárna, s.r.o. v Uničově a postupně vyhodnoceny v upravených tabulkách.

2. Řešení vad odlitků

Výroba odlitků byla na začátku průmyslového rozvoje slévárenství náročným řemeslem a zároveň uměním. V současné době je slévárenství velice obsáhlým vědním oborem, ale výroba odlitků vysoké kvality a spolehlivosti je neméně náročná a složitá. Je složitá technicky i společensky. I dnes občas stojíme nad vadným odlitkem bez jednoznačného návodu na řešení. Je tomu tak především proto, že vznik většiny slévárenských vad je ovlivněno mnoha proměnnými faktory, z nichž některé prozatím neumíme matematicky specifikovat. Ve slévárnách tak doposud převládá zkušenost a praxe nad jednoznačným exaktním řešením. Náročné a komplikované jsou především ty vady, které úzce souvisí s krystalizačními procesy v pískové formě. Dřívější představy byly vesměs jednodušší a byly většinou řešením slévárenského technologa z pohledu formy a metalurga z pohledu materiálu. Dnes bezpečně víme, že příčiny vzniku vad jsou komplexní a také řešení musí zvažovat všechny technické, organizační i lidské faktory. Každý kdo začal problematiku slévárenských vad skutečně seriózně řešit, potvrdí složitost této práce a umí přiznat, kolik toho ještě neznáme.

Velice podstatným rysem slévárenské výroby je také skutečnost, že konečný výsledek práce, t. j. kvalitní odlitek, je více nežli v jiných odvětvích průmyslu ovlivněn lidským faktorem. Zásadním problémem je i modernizace technologických procesů s uplatněním mechanizace a automatizace. Vady odlitků jsou konečným důsledkem nedokonalých a zastaralých technologií, nekázně i nedodržení příslušných výrobních postupů a nízké úrovně organizace a řízení ve slévárně. Kromě ztrát zisku způsobují vady odlitků i mnohá nedorozumění mezi zákazníkem a dodavatelem, která mohou vést ke ztrátě trhu.

Konečné technické řešení spočívá v prohlubování komplexních znalostí z mnoha vědních oborů, bez kterých se slévárenství neobejde a jejichž zvládnutí umožní řízení technologických procesů výpočetní technikou. V tomto směru již slévárenství dělá první úspěšné kroky. Zvládnutí velkého množství dat výpočetní technikou je prvořadým předpokladem pro postupný přechod od subjektivního řešení problému k řešení objektivnímu.

Vyrábět průmyslově odlitky zcela beze zmetků zatím neumíme. Každý vyřazený odlitek je však zdrojem poučení, měl by být podroben systematickému rozboru a výsledky by měly být evidovány v kartotéce, později databance technické přípravy výroby. Současné jednání tzv. zmetkovacích komisí je často formální nebo i neobjektivní v důsledku prosazování skupinových zájmů. Není sporu o tom, že pouze zcela objektivní hledání příčiny vady může vést k úspěšnému vyřešení problému.

Úroveň kvality odlitků v každé slévárně je výsledkem práce celého pracovního kolektivu. K docílení dobrých výsledků je nezbytná vysoká řídící úroveň, pracovní kázeň, odborné znalosti, správná motivace každého pracovníka atp. Je však nutné zvláště zdůraznit nezastupitelný význam slévárenské přípravy výroby v tomto procesu. Slévárenský technolog určuje úroveň technologického postupu pro každý jednotlivý odlitek a vytváří tak základní předpoklady pro kvalitu celé výroby. Technická příprava výroby musí být silná svými znalostmi, které jí poskytnou tak důležitou přirozenou autoritu.

Nové poznatky slévárenské vědy a techniky přinesly také nové znalosti o příčinách a mechanismu vzniku vad odlitků. Muselo proto dojít, vzhledem k dosud platným normám, k detailnější klasifikaci jednotlivých vad a podrobnějšímu rozboru příčin vzniku i návrhů na prevenci. Detailnější třídění jednotlivých odlitků vytváří možnosti využití výpočetní techniky při rozborové práci a k účinnějším opatřením v řízení jakosti. Elbel, T. a kol.[1]

Výpočetní technika a různé programy, které jsou ve slévárnách dnes k dispozici, umožňují vytvářet databanky informací o vadách odlitků, jejich příčinách a výsledcích realizace přijatých opatření k odstranění vady a jejich prevenci. Elbel, T.[2]

2.1 Seznam vad odlitků

Tabulky s třídami, skupinami a druhy vad [1].

Tab. č. 1

Seznam vad odlitků tříd 100 a 200					
Třída vad		Skupina vad		Druh vad	
Poř. čís.	Náz.	Poř. čís.	Název	Poř. čís.	Název
100	Vady tvaru, rozměrů a hmotnosti	110	Chybějící část odlitku bez lomu	111	Nezaběhnutí
				112	Nedolití
				113	Vytečený kov
				114	Špatná oprava formy
				115	Přetryskaný odlitek
				116	Omačkání, potlučení, pohmoždění
				117	Nesprávně upálený, odřezaný a obroušený odlitek
		120	Chybějící část odlitku s lomem	121	Ulomené část odlitku za tepla
				122	Ulomené část odlitku za studena
				123	Vyštípnutí
		130	Nedodržení rozměrů, nesprávný tvar	131	Špatný model
				132	Přesazení
				133	Nevyhovující rozměry
				134	Zborcení, deformace
		140	Nedodržení hmotnosti odlitků		
200	Vady povrchu	210	Přípečeniny	211	Drsný povrch
				212	Povrchové přípečeniny
				213	Hluboké přípečeniny, zapečeniny
		220	Zálupy	221	Zálup na horní ploše formy
				222	Zálup na dně formy
				223	Zálupové síťoví
		230	Nárosty	231	Vyboulení
				232	Odřetí, shrnutí
				233	Utržení, sesutí
				234	Erose
		240	Výronky		
		250	Výpotky		
		260	Zatekliny	261	Zatekliny způsobené netěsností formy
				262	Prasklé jádro
				263	Prasklá forma
		270	Nepravidelnosti povrchu odlitku	271	Pomerančová kůra
				272	Zvrásnění povrchu
				273	Neštovice místní a čárové
				274	Okujení, opálení
				275	Krupičky
				276	Dolíčková a kanálková koroze
				277	Chemická koroze
		280	Vady povrchové ochrany odlitku		

Tab. č. 2

Seznam vad odlitků tříd 300, 400 a 500					
Třída vad		Skupina vad		Druh vady	
Poř. čís.	Náz.	Poř. čís.	Název	Poř. čís.	Název
300	Porušení souvislosti	310	Trhliny	311	Povrchové trhliny
				312	Podpovrchové trhliny
				313	Vnitřní trhliny
		320	Praskliny		
		330	Porušení souvislosti z důvodu mechanického poškození odlitku	331	Lom za tepla
				332	Lom za studena
		340	Porušení souvislosti z důvodu nespojení kovu	341	Zavaleniny
				342	Nedokonalý svar
400	Dutiny	410	Bubliny	411	Bubliny způsobené kyslíkem
				412	Bubliny způsobené vodíkem
				413	Bubliny způsobené dusíkem
				414	Zahlcený plyn
				415	Sít'kovité bubliny
		420	Bodliny		
		430	Odvařeniny	231	Vyboulení
				232	Odřetí, shrnutí
				233	Utržení, sesutí
				234	Erose
		440	Staženiny	441	Otevřené staženiny
				442	Vnitřní, uzavřené staženiny
				443	Řediny
				444	Staženiny od jader nebo ostrých hran formy
				445	Povrchové propadliny
				446	Plynové staženiny
500	Makroskopické vměstky a vady makrostruktury	510	Struskovitost	511	Struskovitost exogenní
				512	Sekundární struskovitost
		520	Nekovové vměstky	521	Zadrobeniny
				522	Rozplavený písek
				523	Odpadnutý nátěr
				524	Oxidické pleny
				525	Grafitové pleny
				526	Černé skvrny
		530	Makrosegregace a vycezeniny	531	Gravitační odmíšení
				532	Makroodmíšení
				533	Stvolové vycezeniny
				534	Mezerové vycezeniny
		540	Broky		
		550	Kovové vměstky		
		560	Nevyhovující lom		

3. Společnost a slévárna Unex a.s Uničov

3.1 Profil společnosti

Strojírensko - metalurgický komplex UNEX se specializuje na vývoj, výrobu, montáž a modernizace kolesových rýpadel vlastní značky pro těžbu nerostných surovin.

K jeho produkci rovněž patří velké svařované ocelové konstrukce od výroby mostů, přístavních a portálových jeřábů, výrobních a sportovních hal, až po přesně obrobené svařence jako jsou rámy turbín nebo klíčové díly stavebních či tvářecích strojů.

Díky vlastním slévárnám a kovárně je UNEX soběstačný v zajišťování načisto opracovaných odlitků a výkovků. Ve 4 továrnách v Uničově, Olomouci, slovenské Snině a Prakovicích pracuje na 3,5 tisíce zaměstnanců. Většinu své produkce UNEX exportuje předním firmám do celého světa. [13]

3.2 Historie společnosti

Státní podnik Uničovské strojírny byl založen roku 1949. Rozhodnutím strany a vlády byl nařízen výrobní program zemních a důlních strojů. Hlavním úkolem byl na příštích 40 let vývoj a výroba zemních a důlních strojů zejména pro potřeby severočeské uhelné pánve. UNEX od roku 1970 vyrobil a vyprojektoval přes sto unikátních obřích kolesových rýpadel, z nichž většina dodnes spolehlivě pracuje. Kolesová rýpadla v typicky žluté barvě UNEXu za necelá čtyři desetiletí vytěžila celkem přes 4,7 mld. m³ skrývky a 3,2 mld. m³ uhlí. UNEX také vyprojektoval a vyrobil desítky skládkových strojů, stovky kilometrů pásových dopravníků a tisíce lopatových rýpadel.

Od kupónové privatizace roku 1993 je soukromou společností s novým obchodním názvem UNEX a.s. V roce 1998 získal nového majoritního akcionáře "Bancroft Eastern Europe Fund", který v roce 2003 uzavřel dohodu o prodeji celého akciového podílu manažerům společnosti. V roce 2005 došlo k prodeji majoritního balíku akcií drženého manažery. Následně na mimořádné valné hromadě společnosti UNEX a.s. bylo rozhodnuto o přechodu vlastnického práva k akciím menšinových akcionářů na jediného akcionáře, společnost ARCADA Capital, a.s.

V témž roce došlo i k akvizici 100% akcií společnosti Moravské železářny, a.s. v Olomouci - zápustkové kovárny a slévárny komplementární s výrobou v Uničově. V roce 2007 se skupina UNEX z důvodů nedostatku kapacit pro výrobu jeřábů, výložníků a svařovaných konstrukcí v mateřském závodě v Uničově rozrostla o akvizici klíčových aktiv areálu bývalé společnosti Vihorlat na východním Slovensku. V roce 2008 byl završen tříletý plán expanze skupiny Unex akvizicí slévárny bývalé Prakovské oceliarské spoločnosti (POS) v Prakovcích. Unex je tak schopen nabídnout kompletní sortiment odlitků co do druhu litiny tak i velikosti a disponuje kapacitou přes 50 kilotun odlitků ročně. Výrobu v závodech Snina a Prakovce realizuje 100% dceřiná společnost UNEX Slovakia, a.s. [14]

3.3 Unex slévárna, s.r.o. Uničov

Slévárenská produkce je nedílnou součástí akciové společnosti UNEX. Slévárna umístěná přímo v areálu UNEX a.s. vyrábí uhlíkové, nízko, středně a vysokolegované ocelové odlitky v hrubé hmotnosti od 5 kg až do 18 tun a odlitky z tvárné litiny v hrubé hmotnosti od cca 6,5 kg do 3,5 tuny. Jejich uplatnění je v železničním průmyslu, těžkém strojírenství, pro stavební a důlní stroje i pro manipulační techniku a další průmyslová odvětví. Výrobní kapacita je cca 16 000 t za rok. Výrobní závod v Prakovicích na Slovensku vyrábí odlitky z manganové oceli a také odlitky z tvárné a šedé litiny v hmotnostech od 1 kg do 120 kg. Výrobní kapacita je cca 9 000 t za rok. Slévárna je také výrobcem spojovacích prvků potrubí z temperované litiny s černým lomem – fitinky. Odlitky i výkovky jsou převážně dodávány výrobcům kolejových vozidel, automobilů, zemních a stavebních strojů, zemědělských zařízení. Menší odlitky jsou pak navíc dodávány výrobcům hydraulických zařízení a klimatizací. [15]



Pohled na komplex Unex Uničov

4. Využití expertních systémů pro identifikaci vad

Expertní systémy patří mezi nejúspěšnější aplikace umělé inteligence. Od svého komerčního uvedení na začátku 80 let minulého století prodělaly bouřlivý rozvoj a v současnosti jsou používány v mnoha oblastech lidské činnosti, jako např. ve vědě, technice, výrobě, obchodě atd. [5]

Jejími průkopníky ve slévárenství byli H. Roshan a H. Sudesh [7] Umělá inteligence (Artificial Intelligence) je oblast počítačové vědy, která se zabývá návrhem a vývojem inteligentních počítačových systémů.[3]

4.1 Popis expertních systémů

Expertní systém (ES) je software, který poskytuje odpověď nebo objasnění problému, jedním nebo mnoha lidských expertů ve specifickém zaměření. Využívá vhodně zakódované, explicitně vyjádřené znalosti, převzaté od experta, s cílem dosáhnout ve zvolené problémové oblasti kvalitu rozhodování na úrovni experta. ES se vyznačují následujícími charakteristickými rysy:

- 1) oddělení znalostí a mechanismu jejich využívání (tím se ES odlišují od klasických programů)
- 2) schopnost rozhodování za neurčitosti
- 3) schopnost vysvětlování

Můžeme se setkat s tzv. knowledge-based systémem, který je podle staršího pojetí obecnější než ES. Tento systém lze chápat jako zvláštní typ „znalostního systému“.

Struktura ES obsahuje tyto základní složky:

- báze znalostí
- inferenční mechanismus
- modul pro akvizici (získávání) znalostí
- uživatelské rozhraní (uživatelé, vývojové, vazby na jiné systémy)
- vysvětlovací modul

Báze znalosti obsahuje znalosti z určité domény a specifické znalosti o řešení problémů v této doméně. Znalosti mohou být nejrozličnějšího charakteru:

Znalosti nejobecnější až po znalosti vysoce specifické. Znalosti tzv. „učebnicové“ až po „soukromé“ (tj. takové, jaké by si expert ani nedovolil publikovat). Exaktní prokázané znalosti až k nejistým heuristikám. Jednoduché znalosti až znalosti o znalostech (metaznalosti).

Inferenční mechanismus obsahuje obecné (doménově nezávislé) algoritmy schopné řešit problémy na základě zadaných faktů pomocí manipulace se znalostmi z báze znalostí.

Důležitou schopností inferenčního mechanismu je zpracování neurčitosti. Neurčitost v expertních systémech se může vyskytovat jednak v bázi znalostí a jednak v bázi faktů. Zdroji neurčitosti jsou:

- nepřesnost, nekompletnost, nekonzistence dat
- vágní pojmy
- nejisté znalosti

Neurčitost může být reprezentována a zpracovávána např. pomocí následujících přístupů a prostředků: [5]

- pravděpodobnostní (Bayesovské) přístupy
- faktory jistoty
- Dempster-Shaferova teorie
- fuzzy logika

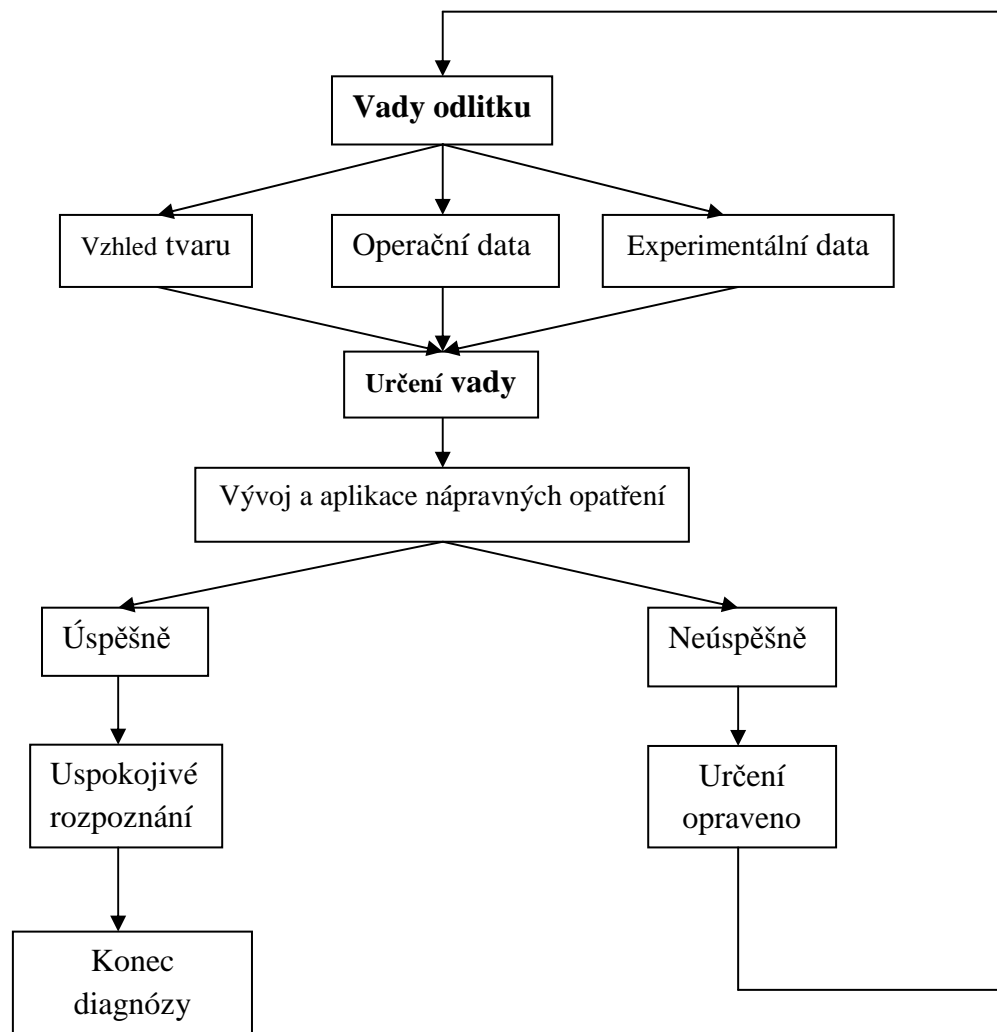
Akviziční modul je interface mezi zbytkem programu a lidským expertem, který instaluje speciální poznatky, jež z programu činí specifický druh expertu. Akviziční modul se stará o interakce mezi lidským expertem, který vytváří požadovanou strukturu datového stromu, a datovým technikem, který vytváří datovou základnu ve formě, jež je srozumitelná pro počítačový systém. Datový strom je jednou formou vyjádření dat, kde vztahy mezi objekty a kritériem pro provedení rozhodnutí se zobrazuje ve formě stromu a/nebo.

Uživatelský interface požaduje po uživateli informace a zobrazuje rady z programu. Vysvětluje také, proč systém pokládá konkrétní dotazy nebo jak došel ke konkrétnímu závěru. Dedukční nástroj obsahuje řídicí mechanismus pro daný program a poskytuje strategii pro vyřešení problémů. V podstatě určuje, v jakém sledu se mají provést jednotlivé dedukce, zkontrolovat teorie nebo shromáždit důkazy.

Jádrem expertního systému je soubor Pravidel a Dedukční nástroj. Když se systém vyvíjí zcela nově, pak je většina práce zaměřena na definování souboru pravidel, která budou uložena spolu s programem a na výběr strategie pro dedukční nástroj pro využívání dat vědomostí. Data vědomostí mohou být v expertním systému reprezentovány celou řadou způsobů.[3]

Bylo rozhodnuto, že pro CDAD (Casting Defect Analysis and Diagnosis) program je ideální 3-úrovňová struktura. První krok DEFCHAR obsahuje pravidla pro určení vady odlitku na bázi jejího vzhledu. Druhý krok CAUSE analyzuje příčinu vady (kterou určil modul DEFCHAR) s konkrétním odkazem na nesprávný postup při tavení v indukční peci. Třetí a poslední krok RECOMMENDATIONS (DOPORUČENÍ) spočívá ve výběru vhodného řešení k odstranění dané vady. Takto konstruované logické podmínky pro analýzu vady jsou vhodné pro libovolný typ expertního systému, který dokáže akceptovat pravidla ve formě podmínek IF-THEN-ELSE [7]

Blokový diagram zobrazující kroky při analýze slévárenských vad je znázorněn na obr. 1.



Obr. 1 Blokový diagram znázorňující jednotlivé kroky v analýze slévárenských vad

Autoři [8] se ve svém příspěvku rovněž zabývají systémy založenými na vědomostech tzv. KBS (Knowledge-based Systems). Mnoho problémů ve slévárenské výrobě je příliš komplexních a nemohou být snadno odděleně řešeny pomocí tradičních algoritmičeských technik. Jejich řešení často spoléhá na využití empirických znalostí nebo expertizy získávané po mnoho let. Ačkoliv algoritmičeský založené konvenční programy umí zpracovávat data k výslednému řešení, neumí pohotově pracovat s lidskými zažitými znalostmi a jejich heretickými úvahami z pracovních procesů. Navíc zažité znalosti a sami experti jsou vzácní a může být obtížné a nákladné je získat. Počítačové expertní systémy však mohou řešit některé specifické slévárenské problémy, které jinak nemohou být řešeny konvenčními počítačovými programy a kde lidská expertíza není rychle dostupná. Navíc takové systémy umožňují efektivní prostředky k podchycení zkušeností slévárenských expertů na trvalé bázi.

KBS poskytují systémové prostředí, kde lze spojit lidské zkušenosti se schopností počítačů k řešení specifických problémů. Mohou být aplikovány při řešení širokého okruhu problémů ve slévárenské výrobě a jedním z dobrých příkladů je identifikace vad odlitků. Bylo prokázáno, že takové systémy se mohou rychle vyvíjet s využitím komerčních nástrojů, které nevyžadují zkušené softwarové programátory.

Vzorový prototyp KBS, který využívá expertní systém založený na výrobních pravidlech, byl vytvořen pro kontrolu slévárenských vad. Systém se nyní skládá ze tří oddělených modulů:

- modul pro diagnózu slévárenských vad,
- modul pro identifikaci příčin a prevenci vzniku vad
- modul pro zobrazení vad.

Současný stav vývoje systému je omezen na odlitky ze slitin železa odlévané do pískových forem. Nicméně o další rozmach těchto KBS se uvažuje. Když mohou plně rozvinuté a naimplementované takovéto KBS poskytnout řadu výhod v kontrole vad odlitků napříč celým spektrem slévárenské výroby, stejně tak mohou být efektním výcvikovým nástrojem pro identifikaci odlitků. [8]

Urychlení celé realizace podpořily zprávy z literatury, že takové systémy existují a dále skutečnost, že pro vytvoření báze znalostí mohli autoři použít znalostí kolektivu expertů z různých pracovišť. [1] Program pro rozhodování byl vypracován v TURBO Pascalu 5.0 pro osobní počítač kompatibilní s IBM PC AT (pro češtinu byl použit kód Kamenických). Tento ES nebyl upraven pro spuštění aplikace Microsoft na moderních počítačích a z tohoto důvodu se přestal používat.

Později se objevily u nás i v zahraničí nové informace o využití expertního systému pro řešení vad odlitků. Např. výzkum využití ES v oblasti diagnostiky penetrace kovu a povrchových vad od nátěru [9]. Záměrem těchto výzkumů bylo prozkoumat používání objektově orientovaných ES v technologiích diagnostikování a analýzy zmíněných vad a k doporučení nápravných opatření. Systém doporučení zahrnuje kvantitativní předpisy pro změny v technologii a postupů, které vedou k odstranění vady. Systém byl implantován na mikropočítačový program, který s rozšířenými grafickými schopnostmi podporuje identifikaci vad. Systém [9] má široké využití ve slévárenském průmyslu a je považován za počáteční krok směrem k vývoji komplexních systémů.

4.2 Využití umělé inteligence

Umělá inteligence, která se ve své dílčí zabývá metodami rozhodování a řešení složitých problémů, poskytl prostředky, které se pro popis a řízení složitých soustav zdají velmi nadějně. Mezi nejvýznamější z nich patří kvalitní modelování, fuzzy modely, neuronové sítě genetické algoritmy a jejich efektivní kombinace.

Jádrem systému jsou fuzzy modely, jejichž metodologie je dnes poměrně dobře rozpracována. Pro formalizaci pojmové neurčitosti a její zpracování je v nich využíváno principů fuzzy množinové matematiky a vícehodnotové jazykové (fuzzy) logiky. Fuzzy modely jsou často koncipovány jako soustavy podmíněných produkčních pravidel. Nejrozšířenější fuzzy systémy jsou systémy expertní, zaměřené na řešení konkrétních složitých úloh. Jsou postavené na modelech, využívajících subjektivních, heuristických znalostí expertů v dané problémové oblasti. Jejich závěry mají úzce lokální platnost.

Ve snaze o částečné napodobení procesů probíhajícího v lidském mozku a nervovém systému vznikly neuronové sítě. Jsou vhodné pro modelování chování složitých soustav zvláště proto, že jejich typickou vlastností je schopnost vlastního učení. Velmi zajímavé jsou z hlediska aplikací *fuzzy-neuronové systémy*, které ve svých vnitřních procedurách používají fuzzy logiku a jsou velmi efektivní při zpracování vágní informace, zvláště při adaptaci fuzzy modelů.

Přístupy modelování, v nichž je na úkor preciznosti podporována schopnost vlastního učení, robustnost a snadná implementovatelnost, jsou zařazovány do rámce tzv. „soft computing“ metodologií. Tady patří již uvedené metody, postavené na využití fuzzy logiky, neuronových sítí, genetických algoritmů, pravděpodobnostního vyvozování a teorie chaosu či jejich efektivní kombinace. [10]

Z teoretického i praktického hlediska se ukázaly být nejlepší možnou aproximací vztahů mezi procesními daty různých technologických procesů neuronové sítě. Neuronové sítě v současné době významně přispívají jak k modelování tak i adaptaci při automatizaci technologických procesů. [11]

4.3 Rozdíl mezi expertním systémem a jiným počítačovým programem

Běžný počítačový program je obvykle navržen tak, že zpracovává nějaká vstupní data a pomocí algoritmů, které jsou naprogramovány v určitém programovacím jazyce, dospěje k nějakým závěrům – výsledkům.

Při tvorbě počítačového programu proto musí nejprve specialista (počítačový analytik) velmi přesně a detailně popsat řešení daného problému a rozdělit řešení na dílčí kroky, které jsou algoritmizovatelné. Podle tohoto popisu pak programátor vytvoří počítačový program. Část intelligence programu může být uložena mimo samotný program v souborech nebo databázích, část intelligence je realizovaná v programovém kódu samotném.

Expertní systém používá úplně jiný model. Veškerá intelligence je uložena mimo programový kód. Programový kód řídicího mechanismu má za úkol pouze vyhodnocovat stav, který je ovlivněn expertními znalostmi uloženými v bázi znalostí a informacemi získanými z okolního světa (například odpovědi na otázky kladené uživateli, výsledky měření nějakých čidel apod.). Na základě toho expertní systém samostatně rozhoduje o tom, zda je schopen poskytnout expertní radu nebo zda je potřebné získat ještě další informace. Expertní systém se dokáže rozhodnout i při odpovědích, které nejsou úplně přesné (asi ne, nevím, velký, hodně velký apod.) nebo si vzájemně protiřečí.

Vytváření expertního systému proto pobíhá jinak. Řídicí mechanismus je nezávislý, a tak nový expertní systém znamená vytvoření nové báze znalostí. Transformovat poznatky lidského experta do této podoby není vůbec jednoduché. Expertní znalosti nejsou reprezentovány pouze holými fakty (tzn. všechno, co se musel expert naučit nazpaměť), ale i vztahy mezi jednotlivými aspekty problému se všemi pravidly i výjimkami. Obvykle tuto činnost provádí specialista – znalostní inženýr. Tento mezičlánek je kritickou slabinou dnešních expertních systémů. Proto ještě dnes neexistují softwaroví daňoví poradci, účetní, právníci apod. [16]

4.4 Ověřovaný expertní systém

Možnost využití ES inspirovalo také pracovníky závodu TATRA a.s. [6] k vytvoření vlastního systému. Současnou snahou oživit program slévárny TATRA je přepracovaný ES, tak aby se mohl dát použít na PC. Znalostí databáze původního ES i samotná původní aplikace, se staly podkladem k vytvoření identifikace vad odlitků pomocí ES v informačním systému IS Visual FoxPro. Tento IS lze spustit na osobním počítači uživatele – pracovníka slévárny.

Systém obsahuje tři úrovně

- Identifikace vad odlitku
- Diagnóza a příčiny vady
- Prevence a léčba

Při vytváření byly příznaky vad rozděleny do 13 skupin. Uvnitř skupin je určitý počet množných variant a příznaků. U každé skupiny se mlčky (automaticky) předpokládá příznak „0“ – ani jedna z níže uvedených možností. Seznam skupin příznaků je uveden v **Tab. č. 3.**[4]

Tab. č. 3. - Seznam skupin příznaků slévárenských vad

Číslo skupiny	Příznak vady
1	Poloha materiálu vůči povrchu odlitku
2	Drsnost povrchu vady
3	Umístění vady vůči povrchu odlitku
4	Tvar vady
5	Rozložení průběh vady
6	Umístění vady vůči formě
7	Barevný vzhled a jiné zvláštní aspekty
8	Doprovodná vada
9	Technologie okolnosti související s vadou
10	Vada obsahuje
11	Materiál odlitku
12	Materiál formy
13	Vzhled lomové plochy

V každé z uvedených 13 skupin je různý počet příznaků (průměrně 9, maximálně 22). Na první obrazovce aplikace si uživatel vybere ze dvou voleb:

1. Identifikace vady podle vnějších příznaků
2. Seznam vad s jejich číselným označením




Pokud uživatel zvolí volbu ad. 1, bude podle vnějšího vzhledu vady odlitku volit v jednotlivých obrazovkách aplikace příznaky vady tak dlouho, až se na poslední obrazovce objeví číslo vady s jejím popisem, příčinou jejího vzniku, způsobem zjištění vady a opatřením k odstranění dané vady, eventuálně odkazem na literaturu. Číslování vad a textový popis čerpá z knihy „Vady odlitků ze slitin železa“ [1] a na základě posledních výzkumů bude aktualizován. Popis příznaků vady byl vypracován pro 72 druhů vad dle nové klasifikace vad odlitků [1], včetně jejich číselného označení.

Při volbě ad. 2 se na další obrazovce zobrazí seznam všech vad odlitků. [4]


5. Ověření ES-VŠB-TU Ostrava ve slévárně Unex a.s. Uničov

5.1 Ověřování systému varianta I.


Využití expertního systému ve firmě Unex slévárna, s.r.o. Uničov. Prvních 15 vad nezávisle vybraných. Porovnávání shody a neshody systému s již určenou vadou technologem slévárny.

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		1. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda / neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Unašeč GE 058	Odvařeniny od chladítek	432	<ul style="list-style-type: none">v místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislostvada je pod povrchem (těsně)vadu tvoří dolíčky	432	Odvařeniny od chladítek a zalévaných předmětů	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Vlhký- nevysušený nátěr na chladítku.
<div></div>						


- Formovací směs furan s chromitem; nátěr formy Agakor MR; Material kovu: GS-42CrMn4

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		2. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Polo-náprava GE 010	Přípečeniny	212	<ul style="list-style-type: none">v místě vady materiál přesahuje povrch odlitkuvada je na povrchu a zabíhá pod povrchpovrch vady je drsnější než standardnívada je v místě vysokého metalostatického tlaku	212	Povrchové přípečeniny	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Nevhodné složení formovací směsi.
<div></div>						


- Formovací směs furan s chromitem; nátěr formy Agakor MR; material ocel 422 139

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		3. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Polo-náprava GE 010	Zatekliny v místě založení jádra	260	<ul style="list-style-type: none">v místě vady materiál přesahuje povrch odlitkuvada je na povrchupovrch vady je standardně drsnývada je nožovitě ostrávada je místně lokalizovaná(ani jedna z níže možností)	261	Zatekliny způsobené netěsností formy	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Přílišné zbrošení jader a tím zvětšení vůlí mezi nimi.
<div></div>						


- Formovací směs furan s chromitem; nátěr formy Agakor MR; material ocel 422 139

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		4. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Polo náprava GE 010	Struskovitost exogenní	511	<ul style="list-style-type: none">v místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislostvada je na povrchuvada je místně lokalizovanávada má nepravidelný tvar	511	Struskovitost exogenní	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Větší množství strusky v lící pánvi.
<div></div>						


- Formovací směs furan s chromitem; nátěr formy Agakor MR; material ocel 422 139

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		5. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>Shoda</u>
Talíř TP 034	Otevřené staženiny	441	<ul style="list-style-type: none">v místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislostvada je na povrchu a zabíhá pod povrchvada je místně lokalizovanávada má nepravidelný tvarvada je v blízkosti nálitkupovrch je standardně drsný	441	Otevřené staženiny	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Nedolití nálitků
<div></div>						


- formovací směs bentonitová ruční SIBN4; materiál E 230-400MSC2

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		6. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>Shoda</u>
Čep LS 012	Řediny	443	<ul style="list-style-type: none">v místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislostvada je na povrchu a zabíhá pod povrchvada je místně lokalizovanávada má nepravidelný tvarvada je v blízkosti nálitku(ani jedna z níže uvedených možností)	443	Řediny	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Nálitky naproti ve vršku „nefungovaly“
<div></div>						


- Formovací směs bentonitová ruční SIBN4, materiál E 230-450-MS C1

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		7. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>Shoda</u>
Deska A2	Utržení, sesutí	521	<ul style="list-style-type: none">v místě vady materiál přesahuje povrch odlitkuvada začíná na povrchu a vybíhá nad povrchje možnost utržení formy při vytahování nebo skládání	521	Utržení, sesutí	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Poškození formy při skládání.
<div></div>						


- formovací směs pro Mn SIBN6, materiál pancíř Mn030

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		8. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>Shoda</u>
Deska B2	Rozplavený písek	522	<ul style="list-style-type: none">v místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislostvada je na povrchu a zabíhá pod povrchvada obsahuje písek	522	Rozplavený písek	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Poškození formy při skládání.
<div></div>						

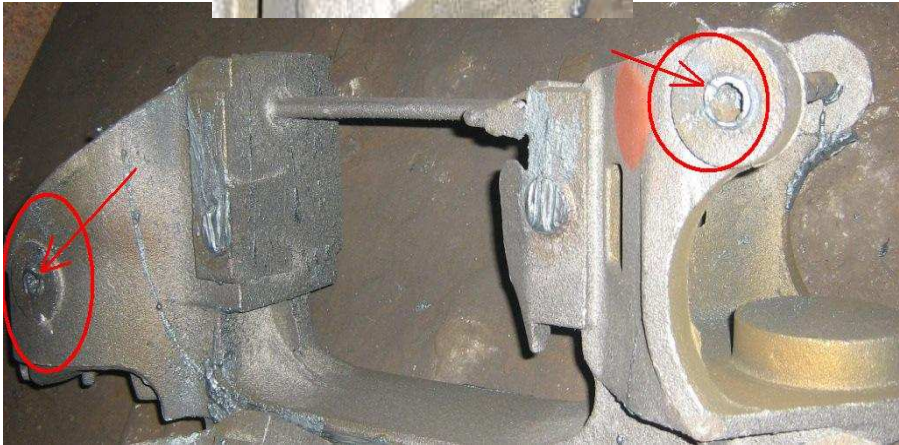

- formovací směs pro Mn SIBN6, materiál pancíř Mn029

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		9. identifikace vady pomocí expertního systému	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>Shoda</u>
Rozsocha obyčejná TP 003	Nezaběhnutí	111	<ul style="list-style-type: none">v místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislostani jedna z níže uvedených možnostípředčasné ztuhnutí čela proudu	111	Nezaběhnutí	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Nízká teplota kovu při lití.
<div></div>						




- formovací směs bentonitová ruční SIBN6, materiál E 230-400-MSC2

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		10. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>Shoda</u>
Rozsocha bachratá TP 005	Nedodržení rozměrů, nesprávný tvar (nezaložené jádro)	133	<ul style="list-style-type: none">zmenšení nebo zvětšení odlitku	133	Nevyhovující rozměry	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Nezaložení jádra do formy.
<div></div>						


- formovací směs bentonitová ruční SIBN6, materiál E 230-400-MS2

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		11. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>Shoda</u>
Rozsocha bachratá TP 005	Staženina pod nálitky	440	<ul style="list-style-type: none">• v místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislost• (ani jedna z níže uvedených možností)• předčasné ztuhnutí čela proudu	441	Otevřené staženiny	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Nedolitě nálitky.
<div></div>						

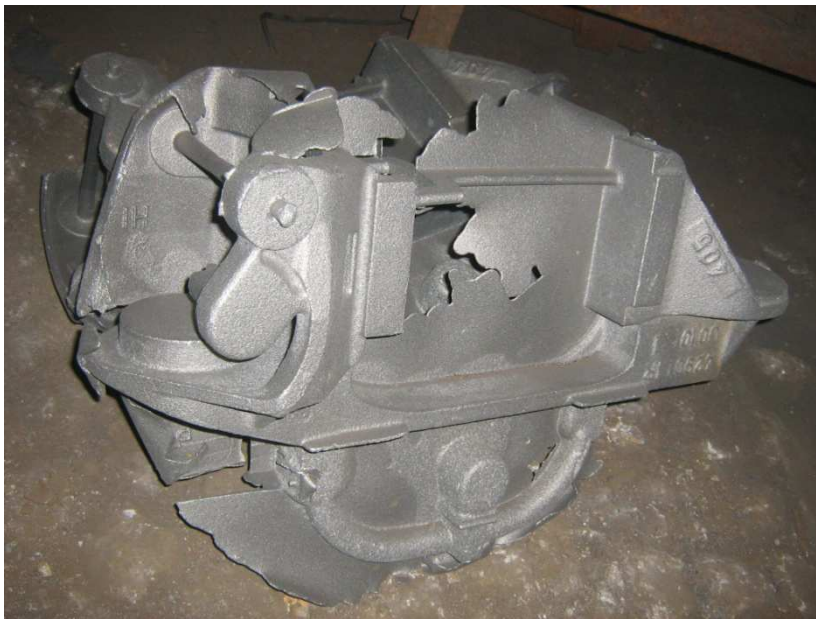
- formovací směs bentonitová ruční SIBN6, materiál E 230-400-MSC2

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		12. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/neshoda a Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>Neshoda</u>
Obyčejná rozsocha TP 003	Zadrogenin a (ulomená část formy)	521	<ul style="list-style-type: none">v místě vady materiál přesahuje povrch odlitkuvada je na povrchupovrch vady je standardně drsnývada má nepravidelný tvarvada souvisí s jádremvada je místně lokalizovánadoprovodná vada je zadrogenina	262	Prasklé jádro	Poznámky k ES:
Odlitek s detailem vady						Hlavní příčina vady odlitku: Poškození formy, jádra při posunu po válečkové trati.
<div></div>						



- formovací směs bentonitová ruční SIBN6, materiál E 230-400-MS2

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		13. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>Shoda</u>
Obyčejná rozsocha TP 003	Zateklina do jádra	260	<ul style="list-style-type: none">v místě vady materiál přesahuje povrch odlitkuvada je ve vnitřní dutině (u jádra)vada má nepravidelný tvarvada je plošně rozložená	262	Prasklé jádro	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Nedostatečně napečená síla stěny dutého jádra.
						

- formovací směs bentonitová ruční SIBN6, materiál E 230-400-MS2

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		14. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>Shoda</u>
Obyčejná rozsocha TP 003	Zatekliny v dělicí rovině	261	<ul style="list-style-type: none">v místě vady materiál přesahuje povrch odlitkuvada je ve vnitřní dutině (u jádra)vada má nepravidelný tvarvada je plošně rozložená	261	Zatekliny způsobené netěsností formy	Poznámky k ES:
Odlitek s detailem vady						Malé stažení horního rámu ke spodnímu.
						

- formovací směs bentonitová ruční SIBN6, materiál E 230-400-MS2

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		15. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>Shoda</u>
Skříň SL 972	Přesazení od jádra (zeslabená stěna odlitku)	132	<ul style="list-style-type: none">posunutí jedné části odlitku proti druhé	132	Přesazení	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Posunutí založeného jádra při skládání formy.
<div></div>						

- formovací směs bentonitová ruční SIBN4, materiál EN-GJL-HB-215

5.2 Vyhodnocení I.

Na prvních 15 odlitcích byl ověřován expertní systém (ES) pro identifikaci vad odlitků. Vady byly vyhodnoceny technologem slévárny a poté ES. Ve dvou případech došlo k záměně názvu hlavní příčiny ES. Vady byly, ale stejného charakteru. Neshoda nastala v jedné identifikaci skupiny vad dle (tab. 1. 2. na str. 4, 5).

Ve 3. identifikaci vady pomocí ES na (str. 20) se vada s názvem *zateklina v místě založení jádra 260* určená technologem, zobrazila po vložení informací o vadě do programu jako *zateklina způsobená netěsností formy 261*. Hlavní přisuzovaná příčina vady na daném odlitku je přílišné zbroušení jádra, což vedlo také k vytečení kovu z prostoru založených jader. Jedná se tedy o stejnou vadu „netěsnost formy“ tedy jádra jen s tím rozdílem, že specifický název „netěsnost založeného jádra“ v systému chybí.

V 13. identifikaci vady pomocí ES (str. 30) se vada *zateklina do jádra 260* určená technologem, zobrazila po zadaných krocích v programu jako vada *prasklého jádra 262*. Pohledem na vadný odlitek zjistíme, že se nejedná jen o vadu přímo vzniklou příčinou „prasknutím jádra“. Hlavní příčina v tomto případě byla „nedostatečně napečená síla stěny u dutého jádra“ což vedlo k zatečení do dutiny. Zde je ukázka nesrovnalosti v názvu příčiny vady ES. Třídy i skupiny vad se shodovaly. Důvodem záměn může být malý výběr zadávaných kroků v programu, jako například druh zatekliny podrobněji určený z tvaru vady na odlitku. Musím připomenout, že vada zateklina byla správně identifikována.

Zadávaný postup ve 13. identifikaci vady pomocí expertního systému

- *v místě vady materiál přesahuje povrch odlitku*
- *vada je ve vnitřní dutině (u jádra)*
- *vada má nepravidelný tvar*
- *vada je plošně rozložená*

Neshoda nastala u 12. identifikace vady pomocí ES (str. 29), kdy technologem určená vada *zadrogenina (ulomená část formy) 521* neodpovídala vadě po 7 zadáných příznacích do programu a to s názvem *prasklého jádro 262*. Po důkladném přehodnocení, se 5. příznak „*vada souvisí s jádrem*“, může rozdělit do způsobu poškození jádra (či formy) a to v podobě tvaru odpovídajícího vadě na odlitku. Pokud se bude jednat o prasklou část jádra nebo ulomenou část zapříčiněnou utržením, shrnutím nebo sesutím formovací směsi.


Příkladem může být mechanické poškození formy při skládání nebo přepravy po válečkové trati, které zapříčiní „*utržení, ulomení části jádra či formy*“. Tento krok by mohl pomoci uživateli ES při určení podstatně rozšířené vady jako je *zadrogenina*

Zadávaný postup ve 12. identifikaci vady pomocí expertního systému



- *v místě vady materiál přesahuje povrch odlitku*
- *vada je na povrchu*
- *povrch vady je standardně drsný*
- *vada má nepravidelný tvar*
- *vada souvisí s jádrem*
- *vada je místně lokalizována*
- *doprovodná vada je zadrogenina*

5.3 Ověřování systému variantu II.



Tato varianta testování funkčnosti v běžném provozu byla bez předem určených vad technologem slévárny. Identifikováno dalších 15 vad na různých odlitcích.

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		16. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Planetová skříň SL 972	Zadrogeniny	521	<ul style="list-style-type: none">• v místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislost• vada je na povrchu a zabíhá pod povrch• vada tvoří místní shluky nebo řetězce vad• vada obsahuje písek• povrch vady je drsnější než standardní	521	Zadrogeniny	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Eroze formy.
<div></div>						


- formovací směs FCU furan s chromitem, materiál odlitku EN-GJS 500-07

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		17. identifikace vady pomocí expertního systému	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Skříň SL 1005	Staženiny pod nálitky	441	<ul style="list-style-type: none">v místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislostvada je na povrchu a zabíhá pod povrchvada je místně lokalizovanávada má nepravidelný tvarvada je v blízkosti nálitkypovrch vady je standardně drsný	441	Otevřená staženina	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Technologem chybně zvolené, nepostačující nálitky.
<div></div>						


- formovací směs FCU furan s chromitem, materiál odlitku ASTM 216 WCB

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		18. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Dvojklátík TP 065	Zatekliny do jader	260	<ul style="list-style-type: none">v místě vady materiál přesahuje povrch odlitkuvada je ve vnitřní dutině (u jádra)povrch vady je standardně drsný	262	Prasklé jádro	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Nedostatečně napečená síla stěny dutého jádra.
<div></div>						




- formovací směs na jádro fertysan Resital 20021-horké jádro, materiál odlitku E 260-450 MSC1

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		19. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Vidlice KE 010	Zadrogenina	521	<ul style="list-style-type: none">• v místě vady chybí materiál, porušená souvislost• vada je na povrchu a zabíhá pod povrch• vada tvoří místní shluky nebo řetězce vad• vada obsahuje písek• povrch vady je drsnější než standardní	521	Zadrogenina	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Nevyčištění a nevyfoukání formy před složením.
<div></div>						

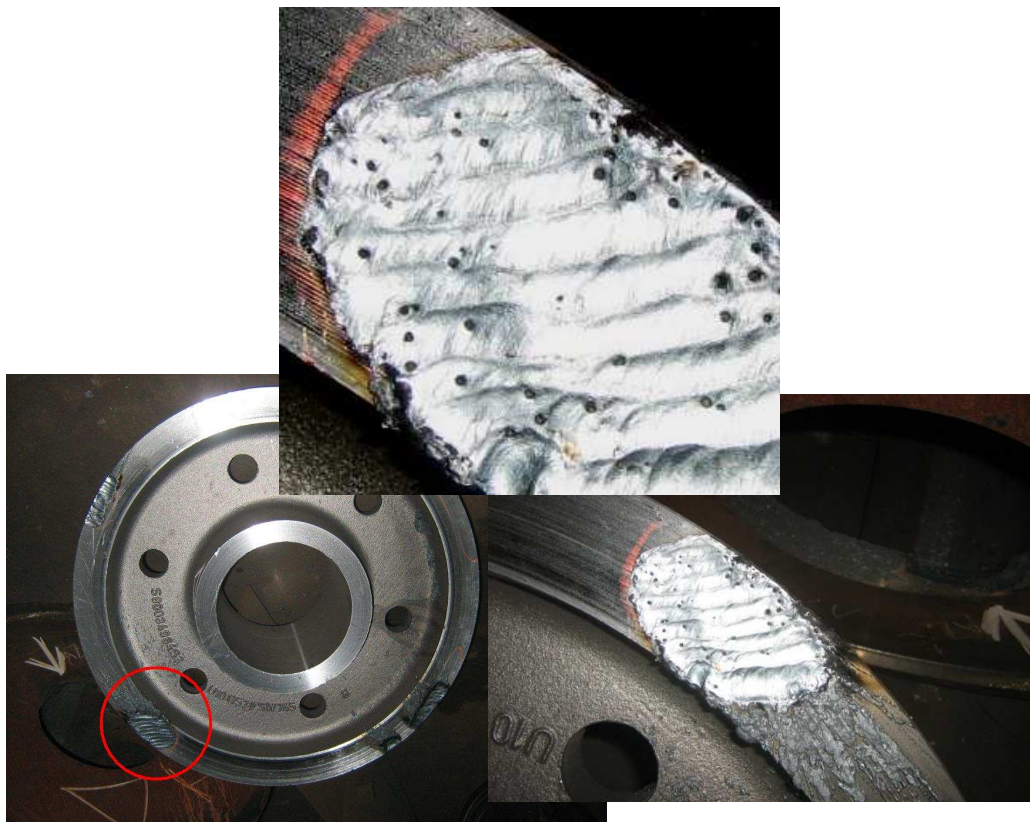
- formovací směs FCU furan s chromitem, materiál odlitku GS-24 MN6

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		20. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>neshoda</u>
Lopatka trojprstá MN 017	Zahlcený plyn	414	<ul style="list-style-type: none">v místě vady chybí materiál, porušená souvislost(ani jedna z níže uvedených možností)předčasné ztuhnutí čela proudu	111	Nezaběhnutí	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Neodvzdušněné formy – zahlcený plyn. Nepropíchnuté výfuky.
<div></div>						




- formovací směs bentonitová ruční SIBN4, materiál odlitku ENJ 422-921

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		21. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Čep otočný SL 228	Zálupy ve spodní části odlitku	222	<ul style="list-style-type: none">• v místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislost• vada je na povrchu a zabíhá pod povrch• vada je plošně rozložená• vada má nepravidelný tvar• vada je na dně formy	222	Zálupy na dně formy	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Nepravidelně upěchovaná forma.
<div></div>						



- formovací směs bentonitová ruční SIBN4, materiál odlitku 422-6431

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		22. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Kolo pojezdové SW 745	Odvařeno na spodní přírubě	430	<ul style="list-style-type: none">v místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislostvada je pod povrchem (těsně)vadu tvoří dolíčky	432	Odvařeniny od chladítek a zalévaných předmětů	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Nevysušený nátěr.
<div></div>						



- formovací směs FCFU-furan s chromitem, nátěr formy Agakor, materiál odlitku GS

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		23. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Kolo pojezdové SW 745	Staženiny pod nálitky	440	<ul style="list-style-type: none">v místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislostvada je uvnitř odlitkuvada je místně lokalizovanávada má nepravidelný tvarvada je v blízkosti nálitkypovrch vady je drsnější než standardní	442	Vnitřní uzavřené staženiny	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Nálitky nedolité do požadované velikosti.
<div></div>						


- formovací směs FCFU-furan s chromitem, nátěr formy Agakor, materiál odlitku GS

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		24. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Kladka RY 9380	Částice exogenní strusky	511	<ul style="list-style-type: none">v místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislostvada je na povrchuvada je místně lokalizovanávada má nepravidelný tvar	511	Struskovitost exogenní	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Nálitky nedolité do požadované velikosti.
<div></div>						

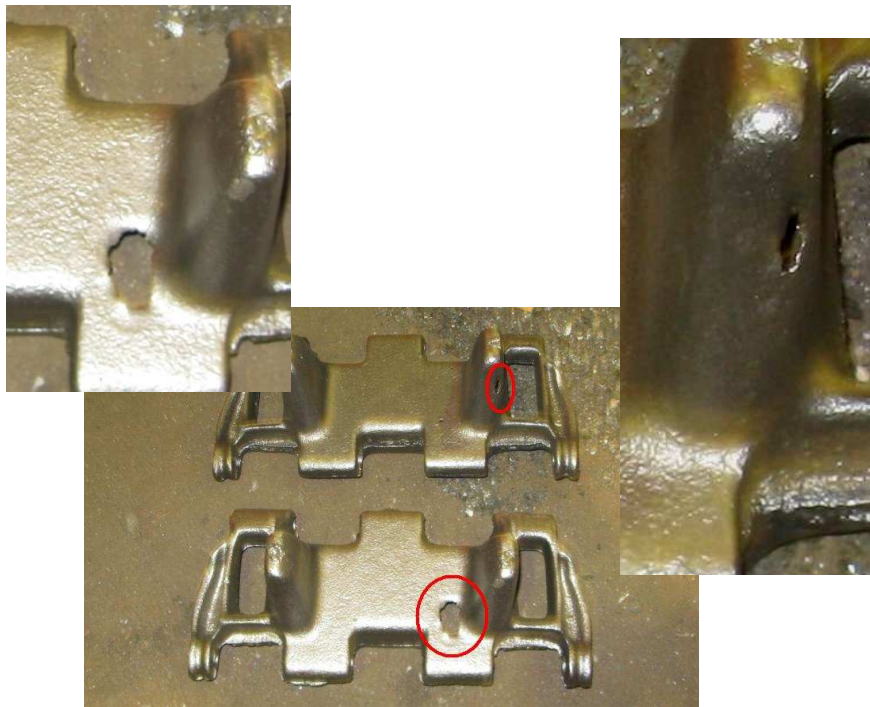
- formovací směs FCFU-furan s chromitem, nátěr formy Agakor, materiál odlitku 422 660

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		25. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Držák SL 887	Praskliny v oblasti nálitku	320	<ul style="list-style-type: none">v místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislostvada je na povrchuvada má křivolaký průběh	320	Praskliny	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Vyšší hodnoty Al. Praskliny po rozpouštěcím žíhání.
<div></div> <div></div>						



- formovací směs FCFU-furan s chromitem
- materiál odlitku G 28 MnG

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		26. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Pojezdové kolo SW 125	Bubliny v oblasti izolační části	410	<ul style="list-style-type: none">v místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislostvada je pod povrchem (těsně)vada má zakulacený tvarpovrch vady je hladší než standardnívada je místně lokalizovaná(ani jedna z uvedených možností)	410	Bubliny	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Vlhkost v oblasti izolačních částí formy.
<div></div>						


- formovací směs FCFU-furan s chromitem, materiál odlitku GS 70

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		27. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Článek MN 019	Nezaběhnutí	111	<ul style="list-style-type: none">v místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislost(ani jedna z níže uvedených možností)předčasné ztuhnutí čela proudu	111	Nezaběhnutí	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Malá rychlost – dlouhá doba lití.
<div></div>						


- formovací směs bentonitová ruční SIBN4, materiál odlitku MN-12

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		28. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>neshoda</u>
Čelist SL 849	Zadrogenina	520	<ul style="list-style-type: none">v místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislostvada je na povrchupovrch vady je standardně drsnývada má zakulacený tvar	410	Bubliny	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Nesprávná aplikace nátěru.
<div></div>						

- formovací směs SIFU furanová na formy, nátěr formy Agakor tónovaný
- materiál odlitku GG 40-litina

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		29. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Horní torna TP 100	Zadrogenina	520	<ul style="list-style-type: none">v místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislostvada je na povrchu a zabíhá pod povrchvada je na větší plošeani jedna z níže uvedených možností	522	Rozplavený písek	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Poškození formy při skládání.
						

- formovací směs SNC2 vazná směs pro ocel, nátěr formy Agakor, materiál odlitku GS

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		30. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>neshoda</u>
Kluznice TP 057	Vyboulení	230	<ul style="list-style-type: none">zmenšení nebo zvětšení rozměrů odlitku	133	Nevyhovující rozměry	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Nerovnoměrně spěchovaná form. směs
<div></div>						

- formovací směs bentonitová ruční SIBN4
- materiál odlitku E 230-400-MSC1

5.4 Vyhodnocení II.

Z dalších patnácti kusů odlitků se shodovalo 12 identifikovaných vad expertním systémem (ES) s pozdější diagnózou o vadě určenou technologem dané slévárny a ve čtyřech identifikacích došlo k opětovné odlišnosti jako v předešlé variantě ověření ES. Uvedu a následně rozepíši, už jen neshodné případy, které vybočovaly ze tříd vad odlitků.

Ve 20. identifikaci vad odlitků pomocí ES (str. 39) se vada *nezaběhnutí 111* neshodovala s vadou určenou technologem *zahlcený plyn 414*. Tento případ neshody může být spekulativní s tvarem vady odlitku. Není-li znám způsob formování a průběh tavby, může se vada vzhledově jevit stejně. Bez základní vložené informace o průběhu výroby odlitku se v tomto případě bude ES mýlit. Navrhoval bych další informaci do systému v podobě dotazu o *špatně odvzdušněné dutiny formy* i s možností výběru *předčasného ztuhnutí čela proudu*. Došlo by k přehodnocení a k náhledu jiné příčiny než jen předčasně ztuhlého čela proudu kovu.

Zadávaný postup ve 20. identifikaci vady pomocí expertního systému

- *v místě vady chybí materiál, porušená souvislost*
- *ani jedna z níže uvedených možností*
- *předčasné ztuhnutí čela proudu*

V 28. identifikaci vad odlitků pomocí ES (str. 47) se vada s názvem *bubliny 410* neshodla s vadou *zadrogeniny 521* určenou technologem slévárny. Klasifikace vad zadrogenin je rozšířena v mnoha příčinách vzniku vad odlitků jak uvádí autor knihy T. ELBEL a kol. [4]. Zde je uvedena možnost i kombinace zadrogeniny s vadou bublin způsobenou z vlhké udrobené formy. Což může vysvětlovat hlavní příčina nesprávné aplikace nátěru formy u zkoumaného odlitku a tím výsledek identifikované vady ES.

Vadu *bubliny 410* určil ES po 6 krocích. Ani v jednom z nich nevidím nesrovnalost, o způsobu zadaných informací dle jakých se tvar vady s dalšími příznaky jevil. Při důkladném prozkoumání odlitku nebyla přítomna žádná jiná doprovodná vada.

Vyhodnocení neshody ES s vadou zadrogenina, kterou určil technolog slévárny, je brána i jako vada nejrozšířenější a nejpravděpodobnější u použitých pískových forem. Opatření pro ES bych zvolil doprovodné vady se zadrogeninami a možnosti jejich vzniku.

Zadávaný postup ve 28. identifikaci vady pomocí expertního systému

- *v místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislost*
- *vada je na povrchu*
- *vada je místně lokalizovaná*
- *vada má zakulacený tvar*
- *povrch vady je standardně drsný*
- *ani jedna z níže uvedených*

V posledním případě neshody 30. identifikaci vad odlitků pomocí ES (str. 49) se vada *zvrásnění povrchu 272* nesešla s technologem určenou vadou *vyboulení 231*. Zvrásnění povrchu spadá do třídy vad 200 a náleží ke skupině vad „nepravidelnosti povrchu odlitku“. Stejně třídy vad je i vyboulení. Z vybraných možností příznaků, které ES nabízel krok po kroku, jsem zvolil následující postup příznaků.


Zadávaný postup ve 30. Identifikaci vady pomocí Expertního systému

- *V místě vady materiál chybí i přesahuje povrch odlitku*
- *Povrch vady je standardně drsný*
- *Vada je zvlněná, zvrásněná, se záhyby*


V posledním bodě neodpovídají příznaky v programu k vadě na odlitku „*zvrásněná, se záhyby*“. Dalšími možnostmi na výběr byly taktéž vybočující příznaky pro správné určení této vady v systému. Neshoda může být zaviněna nevhodným popisem výběru příznaků vady ES.

5.5 Ověřování systému varianta III.


Poslední testování expertního systému probíhalo na 15 odlitcích s názvem Článek MN 019.

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		31. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Článek MN 019	Nezaběhnutí	111	<ul style="list-style-type: none">• V místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislost• Ani jedna z níže uvedených možností• Předčasné ztuhnutí čela proudu	111	Nezaběhnutí	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Malá rychlost lití do dutiny formy
						


- formovací směs bentonitová ruční SIBN4, materiál odlitku MN-12

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		32. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Článek MN 019	Zatekliny	261	<ul style="list-style-type: none">• V místě vady materiál přesahuje povrch odlitku• Vada je na povrchu• Povrch vady je standardně drsný• Vada má nepravidelný tvar• Vada je v dělicí rovině	261	Zatekliny způsobené netěsností formy	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Nesprávně složená forma, netěsnost formy
						


- formovací směs bentonitová ruční SIBN4, materiál odlitku MN-12

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		33. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Článek MN 019	Zadrogeniny	521	<ul style="list-style-type: none">• V místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislost• Vada je na povrchu a zabíhá pod povrch• Vada je místně lokalizovaná• Vada má nepravidelný tvar• Ani jedne z níže uvedených možností	521	Zadrogeniny	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Shrnutí částí formy
<div></div>						


- formovací směs bentonitová ruční SIBN4, materiál odlitku MN-12

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		34. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>neshoda</u>
Článek MN 019	Zatekliny způsobené netěsností formy	261	<ul style="list-style-type: none">• V místě vady materiál přesahuje povrch odlitku• Vada je na hraně a / nebo na rohu• Vada má nepravidelný tvar	213	Hluboké připečeníny zapečeníny	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Nesprávně složená forma, netěsnost formy
						


- formovací směs bentonitová ruční SIBN4, materiál odlitku MN-12

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		35. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Článek MN 019	Staženiny	440	<ul style="list-style-type: none">• V místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislost• Vada je na povrchu a zabíhá pod povrch• Vada je místně lokalizovaná• Vada má nepravidelný tvar• Vada je v blízkosti vtokového zářezu, proudění kovu• Ani jedna z uvedených možností	443	Řediny	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Tepelné uzly v místech zářezů v tokové soustavě.
						


- formovací směs bentonitová ruční SIBN4, materiál odlitku MN-12

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		36. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>neshoda</u>
Článek MN 019	Staženina a netěsnost formy (zatekliny)	440, 261	<ul style="list-style-type: none">• V místě vady materiál chybí i přesahuje povrch odlitku• Povrch vady je standardně drsný• Vada je zvlněná, zvrásněná, se záhyby	272	Zvrásnění povrchu	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Tepelné uzly v místech zářezů v tokové soustavě. Nesprávně složená forma, netěsnost formy
						



- formovací směs bentonitová ruční SIBN4, materiál odlitku MN-12

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		37. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Článek MN 019	Nezaběhnutí	111	<ul style="list-style-type: none">• V místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislost• Ani jedna z níže uvedených možností• Předčasné ztuhnutí čela proudu	111	Nezaběhnutí	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Malá rychlost lití do dutiny formy
						



- formovací směs bentonitová ruční SIBN4, materiál odlitku MN-12

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		38. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Článek MN 019	Nezaběhnutí	111	<ul style="list-style-type: none">• V místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislost• Ani jedna z níže uvedených možností• Předčasné ztuhnutí čela proudu	111	Nezaběhnutí	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Malá rychlost lití do dutiny formy
						


- formovací směs bentonitová ruční SIBN4, materiál odlitku MN-12

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		39. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Článek MN 019	Prasklina	320	<ul style="list-style-type: none">• V místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislost• Vada je na povrchu• Vada má křivolaký průběh	320	Prasklina	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Oprava odlitku svařováním.
<div></div>						


- formovací směs bentonitová ruční SIBN4, materiál odlitku MN-12

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		40. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/neshoda a Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>neshoda</u>
Článek MN 019	Prasklina	320	<ul style="list-style-type: none">• V místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislost• Vada je na povrchu a zabíhá pod povrch• Vada je místně lokalizovaná• Ani jedna z níže uvedených možností• Ani jedna z níže uvedených možností	342	Nedokonalý svar	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Oprava odlitku svařování m.
<div></div>						



- formovací směs bentonitová ruční SIBN4, materiál odlitku MN-12

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		41. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Článek MN 019	Nezaběhnutí	111	<ul style="list-style-type: none">• V místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislost• Ani jedna z níže uvedených možností• Předčasné ztuhnutí čela proudu	111	Nezaběhnutí	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Malá rychlost lití do dutiny formy
						


- formovací směs bentonitová ruční SIBN4, materiál odlitku MN-12

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		42. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Článek MN 019	Nezaběhnutí	111	<ul style="list-style-type: none">• V místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislost• Ani jedna z níže uvedených možností• Předčasné ztuhnutí čela proudu	111	Nezaběhnutí	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Malá rychlost lití do dutiny formy
						


- formovací směs bentonitová ruční SIBN4, materiál odlitku MN-12

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		43. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>neshoda</u>
Článek MN 019	Chybějící část odlitku bez lomu	110	<ul style="list-style-type: none">• V místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislost• Vada je na povrchu a zabíhá pod povrch• Vada je místně lokalizovaná• Ani jedna z níže uvedených možností• Ani jedna z níže uvedených možností	342	Nedokonalý svar	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Špatně upálený výfuk z odlitku
<div></div>						

- formovací směs bentonitová ruční SIBN4, materiál odlitku MN-12

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		44. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Článek MN 019	Netěsnost formy	261	<ul style="list-style-type: none">• V místě vady materiál přesahuje povrch odlitku• Vada je na povrchu• Povrch vady je standardně drsný• Vada je nožovitě ostrá• Vada je v dělicí rovině	261	Zatekliny způsobené netěsností formy	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Nesprávně složená forma, netěsnost formy
						

- formovací směs bentonitová ruční SIBN4, materiál odlitku MN-12

Název odlitku	Vada určená technologem slévárny		45. identifikace vady pomocí expertního systému příznaky vady postupně volené v jednotlivých obrazovkách ES	Vada identifikovaná ES		Shoda/ neshoda Expertního systému
	Název vady	Pořadové číslo vady		Pořadové číslo vady	Název vady	<u>shoda</u>
Článek MN 019	Nedolití	112	<ul style="list-style-type: none">• V místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislost• Ani jedna z níže uvedených možností• Nedostatek kovu při lití	112	Nedolití	Hlavní příčina vady odlitku:
Odlitek s detailem vady						Nízká teplota lití.
						

- formovací směs bentonitová ruční SIBN4, materiál odlitku MN-12

5.6 Vyhodnocení III.

V poslední variantě ověřování expertního systému (ES) se neshodly 4 identifikace vad na 15 odlitcích manganových článků. Neshody si postupně rozepíšeme. Diagnózy vad byly určovány tak jako v předešlé variantě II. Nejdříve přes ES a posléze technologem slévárny.

U neshody ve 34. identifikaci vad odlitků pomocí ES (str. 55) se vada *hluboké připečeniny, zapečeniny 213* neshodla s vadou ze stejné třídy *zatekliny způsobené netěsností formy 261*. I když tyto dvě vady spadají do třídy vady povrchu 200, jsou zcela odlišné příčinou vzniku. Neshoda je daná způsobem zadaných informací do systému. V předchozí 32. identifikaci ze (str. 52) se ES shodl na zateklinách, i to že vzhled vady je podobný jako u 34. V zadaném postupu jsem vynechal možnost „*vada je na hraně / nebo na rohu*“ a zvolil jinou cestu k identifikaci. Přitom tato informace o příznaku vady může být správně položená i pro vadu *zatekliny*. Zde je příklad jak se může vada rozejít i s podobnými příznaky zadávanými v ES. Upozornění může být jen pro uživatele ES tj. příručka ES s informací na to, že zadávané příznaky by měly být u každého kroku důkladně zváženy a odvozeny z tvaru a místa vady na odlitku.

Zadávaný postup na 32. identifikaci vady pomocí expertního systému

- *V místě vady materiál přesahuje povrch odlitku*
- *Vada je na povrchu*
- *Povrch vady je standardně drsný*
- *Vada má nepravidelný tvar*
- *Vada je v dělicí rovině*

Zadávaný postup na 34. identifikaci vady pomocí expertního systému

- *V místě vady materiál přesahuje povrch odlitku*
- *Vada je na hraně a / nebo na rohu*
- *Vada má nepravidelný tvar*

Druhá neshoda ve 36. identifikaci vad odlitků pomocí ES na (str. 57). Vada *zvrásnění povrchu* 272 je vůči vadám určenými technologem *staženina* a *netěsnost formy (zatekliny)* 440, 261. Všimněme si dvou vad identifikovaných technologem ve slévárně, které jsem přehlédl a počítal jsem jen s tím, že vada je pouze jedna. Tímto příkladem neshody upozorňuji na to, aby určitý shluk vad byl důkladně rozdělen a nedošlo tak k nesprávné identifikaci vady v ES.

Zadávaný postup na 36. identifikaci vady pomocí expertního systému

- *V místě vady materiál chybí i přesahuje povrch odlitku*
- *Povrch vady je standardně drsný*
- *Vada je zvlněná, zvrásněná, se záhyby*

Třetí neshoda ve 40. identifikaci vad odlitků pomocí ES (str. 61). Vada *nedokonalý svar* 342 se neshodla se skupinou vady, do které řadíme *praskliny* 320 určenou technologem. Po zadáních příznaků vady do programu a následném vyhodnocení v podobě *nedokonalého svaru*, lze usoudit výsledek identifikace jako správně určenou příčinu vady na odlitku. V části odlitku kde vada vznikla, byla prvně staženina. Zacelení této dutiny se provedlo pomocí běžného zavaření odlitku. Ve svařeném místě došlo, ale k další vadě a to k prasknutí. Tento jev vady můžeme zařadit tedy i do *nedokonalého svaru* 342. Návrhem pro zamezení neshody skupiny vad v tomto případě může být další krok v expertním systému s názvem „*vadu tvoří praskliny*“ a posledním krokem detailním zhodnocením vady „*prasklina způsobená nedokonalým svarem*“ nebo „*žlhaním, popuštěním*“

Zadávaný postup na 40. identifikaci vady pomocí expertního systému

- *V místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislost*
- *Vada je na povrchu a zabíhá pod povrch*
- *Vada je místně lokalizovaná*
- *Ani jedna z níže uvedených možností*
- *Ani jedna z níže uvedených možností*

V poslední neshodě ve 43. identifikaci vad odlitků pomocí ES (str. 64) se vada s názvem *nedokonalý svar 342* výrazně lišila od vady *chybějící části odlitku bez lomu 110*. U této vady byl odstraňován z vrchní části odlitku výfuk upálením. Pracovník slévárny nedodržel určitou výšku v místě zbavení výfuku a došlo k podpálení části odlitku. *Nedokonalým svarem* rozumíme, že se jedná o vadu zapříčiněnou špatnou opravou odlitku. Nejedná se tedy o upálení přebytečné části na odlitku. V tomto případě jsem nenašel další možnou cestu i po zadání přibližně stejně odpovídajících příznaků k této vadě, než k uvedenému zadání níže. Navrhoval bych, po zadaném kroku *v místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislost* další a to jednoduchou možností s názvem *chybějící část odlitku*. Poté příznaky vad ke skupinám 110 a 120.

Zadávaný postup na 43. identifikaci vady pomocí expertního systému

- *V místě vady chybí materiál odlitku, porušená souvislost*
- *Vada je na povrchu a zabíhá pod povrch*
- *Vada je místně lokalizovaná*
- *Ani jedna z níže uvedených možností*
- *Ani jedna z níže uvedených možností*

6. Celkové vyhodnocení ověřovacích variant na expertním systému

Vyhodnocení celého ověřování expertního systému vypadá následovně:

Z celkových **45** vybraných vad na odlitcích se ES neshodl **8** v případech. V 5 shodách došlo jen k záměně druhu vad, nejednalo se tedy o závažné pochybení ES. Podstatných neshod mezi odlišnostmi ve třídách vad bylo 6. Ve dvou zbylých neshodách došlo k záměně skupiny a také k určení vady, která u daného odlitku po diagnóze technologem prokazovala vady dvě.

Úspěšnost ES v identifikaci vad vůči určení vad technologem slévárny byla 82%.

7. Závěr

V diplomové práci jsem se zabýval identifikací vad odlitků pomocí expertního systému (ES) na náhodně vybraných odlitcích z firmy Unex slévárna, s.r.o. Uničov. S pomocí ES se určilo shodně 37 vad s názvy vad určenými technologem dané slévárny. Zkoumáno bylo celkem 45 odlitků. U prvních 15 vad se program neshodl jen s jednou vadou a ve dvou případech došlo k záměně druhu vady dle tabulek č. 2, 3 na (str. 4, 5). V této první variantě ověření shody ES s názvy vad, které již byly dříve identifikovány technologem, měl program skoro stoprocentní úspěšnost. Na dalších 15 odlitcích se ES neshodl ve 3 identifikacích. K záměnám druhu vad došlo ve 4 případech dle tabulek č. 2, 3 na (str. 4, 5). Na posledních 15 odlitcích došlo k 4 neshodám a jedné záměně druhu vady.

Z celkového počtu 8 neshod na 45 určovaných odlitcích, vznikla v 6 případech podstatná záměna třídy vad dle tabulek č. 2, 3 na (str. 4, 5). Ve dvou zbylých neshodách došlo k záměně skupiny a také k určení vady, která u daného odlitku po diagnóze technologem prokazovala vady dvě. Všechny tyto neshody byly popsány v 5. kapitole s vyhodnocením variant I. až III. ověření ES.

Ve srovnání se závěrem práce autora R. PECKY[12], který testoval identifikaci vad odlitků pomocí ES ve slévárně Tafonco a.s. Kopřivnice, se neshodovalo 6 diagnóz s technologem slévárny na 20 odlitcích. (Jak popisuje autor R. PECKA). Došlo k 6 neshodám a ve 2 případech se třídy vad lišily. Ve srovnání s identifikací vad v Uničově byla tato diagnóza tříd vad přesnější.

Pro názornost ES z celkových určovaných identifikací vad ve dvou odlišných slévárnách dosáhl 78,5% úspěšnosti. Nesmím zapomenout, že program ověřoval pokaždé jiný uživatel.

Věřím, že expertní systém bude nadále obohacován dalšími důležitými parametry, které povedou k větší úspěšnosti. Velkou pomocí by mohla být fotodokumentace každé vady nebo uvedení tohoto expertního systému do internetové podoby jako „vyhledávač vad“ dostupný pro mnoho uživatelů ve slévárnách na celém světě. Každý by tak mohl zakládat své informace o vadě do databáze přístupné na internetových stránkách. Následně by posloužili k přesnějšímu sestavení ES.

Poslední uvedené doporučení je však vzdálenou budoucností ve vývoji expertního systému. Zabezpečení jakosti výroby v podobě identifikace, příčiny, prevence a „léčby“ vady na odlitcích bývá složitým procesem a také v některých výrobních případech tajemstvím, které zabraňuje nabídnout veškeré informace k těmto úrovním.

8. Literatura

- [1] ELBEL, T. a kol.: Vady odlitku ze slitin železa / MATECS: Brno, 1992.
- [2] ELBEL, T.: Vady odlitků – identifikace vad odlitků a příčin jejich vzniku / Slévárenství č. 9, 2001, str. 499-503.
- [3] KRÁLOVÁ, Y.: Expertní systém pro identifikaci vad odlitků. Teze disertační práce. VŠB-TU Ostrava září 2008.
- [4] KRÁLOVÁ, Y.; ELBEL, T.: Zjišťování vad odlitků pomocí expertního systému. In Sborník z konference Ocelové odlitky na počátku 21. století, Vítkovice Heavy Machinery, září 2009
- [5] DVOŘÁK, J.: Expertní systémy/ Opory, VUT V Brně, 2004
- [6] ELBEL, T., SVOBODA, L.: Identifikace druhu vad odlitku podle jejich příznaků / Přednáška na konferenci Vady odlitků III, Kopřivnice, 2003
- [7] ROSHAN, H., SUDESH, H.: Expert system for casting defect analist / Exchange Paper No. 15 from 56-ft. World Foundry Congress, CIATF, Düsseldorf, 1989.
- [8] EHMET, E., KONDIC, V.: Knowledge-based systems and their application in castingdefects kontrol / Warwick Manufacturing Group, University of Warwick, Coventry CV4 7AL UK
- [9] MOYNIHAN, G. et al. : Development of an Expert System to Diagnose Penetration and Coating Surface Defects on Casting. Transactions / AFS, vol. 109, 2001, p. 1-5
- [10] POKORNÝ, M.: Umělá inteligence v modelování a řízení, BEN, Praha, 1996
- [11] JANČÍKOVÁ, Z.: Umělé neuronové sítě v materiálovém inženýrství / Manografie GEP ARTS Ostrava, 2006.
- [12] PECKA, R.: Analýza vad odlitků ve slévárně / Bakalářská práce / VŠB TU Ostrava, 2009

9. Internetové odkazy

[13] <http://www.unex.cz/cs/o-spolecnosti/profil-spolecnosti.htm>

[14] <http://www.unex.cz/cs/o-spolecnosti/historie/>

[15] <http://www.unex.cz/cs/produkty-a-sluzby/odlitky-a-vykovky/produktova-skupina-odlitky/>

[16] http://cs.wikipedia.org/wiki/Expertn%C3%AD_syst%C3%A9m